

### LÆS I DETTE NUMMER OM:

Nye og spændende muligheder med bioenergi; Den første kædereaktion; Prisen for vindkraft; Tyskland overvejer moratorium for vedvarende energi

## NYE OG SPÆNDENDE MULIGHEDER MED BIOENERGI

Uffe Steiner Jensen

*Når det drejer sig om bioenergi, så gælder det om at skelne mellem 1. generations og 2. generations anlæg. De velkendte produkter, bio-ethanol og bio-diesel, fremstilles af bl.a. majs eller raps i 1. generations anlæg. De er nu kommet i modvind, da de ikke har de miljømæssige fordele, som man hidtil har regnet med. Helt anderledes forholder det sig med 2. generations anlæg, som også kan udnytte affald.*

I dagens Danmark bliver bioenergi udnyttet gennem afbrænding af halm, træpiller og biogas. Denne produktion foregår på nogle få anlæg landet over. Det billede vil forandre sig voldsomt i de nærmeste år, ikke alene i Danmark men globalt. Verden står over for mange udfordringer i form af forurening, stadig stigende efterspørgsel på energi, lav værdi af landbrugsprodukter, affaldshåndtering og ressourcebegrænsninger i det hele taget.

Nye teknologier opstår til stadighed, og udviklingen i Danmark er meget lovende. Et stort samarbejde mellem flere dele af dansk industri er sat i værk for at udvikle nye teknologier, der fokuserer på udnyttelsen af f.eks. husholdningsaffald og biomasse. Disse teknologier baserer sig på de områder, hvor Danmark har særlige styrkepositioner, nemlig inden for landbrug, enzymer og energi. Teknologierne gør det muligt at producere f.eks. bio-ethanol eller biogas som erstatning for kul, olie og gas, hvilket vil kunne erstatte brændstof i transportsektoren.

I korthed: 1. generations biobrændstof produceres ud fra sukkerroer, sukkerrør eller diverse kornsorter. Processen er grundlæggende en gæring, som vi kender den fra produktion af alkohol. 2. generations biobrændstof udvindes af fiberholdige materialer som halm, træflis eller affald fra husholdning og industri. Denne proces kræver deltagelse af et enzym, som er et stof, der hjælper biokemiske processer med at forløbe.

### Danmark i front

I 2009 blev verdens største testanlæg til produktion af 2. generations bio-ethanol færdiggjort. Anlægget, der ligger i Kalundborg, har en produktionskapacitet på 5,4 mio. liter pr. år. Nu er man klar til bygning af det første fuldskala-anlæg.

Samtidig har DONG Energy sammen med en række partnere færdiggjort opførelsen af det første anlæg, hvis overordnede målsætning er at udvikle en kontinuert enzymatisk proces, der udnytter værdien i affald gennem tre trin: 1: Nedbrydning af biologisk materiale til "energisuppe" og efterfølgende energifremstilling, 2: Genbrug af plastik, metal og glas, 3: Energifremstilling fra brændbare biprodukter. Anlægget går under navnet REnescience og er opført ved Amagerforbrændingen. Pilotprojektet blev afsluttet i 2011 og afløst af et EU-støttet projekt med fokus på fuld-

skala anlæg, som afsluttes i 2012. Kommerciel drift af et anlæg forventes i 2019.



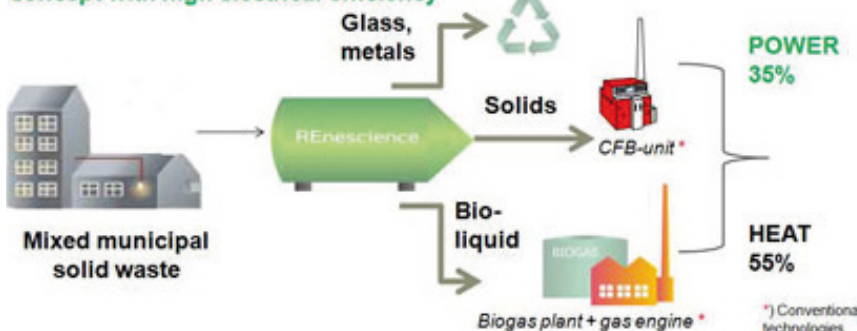
Pyroneer-anlægget. Kilde: DONG Energy

En tredje teknologi er forgasning af lavværdi-biomasse. Der er tale om nedbrydning af organisk materiale ved høj temperatur (pyrolyse) til gas og faste restprodukter. Gassen kan brændes, og restprodukterne i stort omfang føres tilbage til marken som gødning. Et sådant forgasnings-anlæg, Pyroneer, er opbygget på Asnæsværket i Kalundborg, og her er der opnået rigtig gode resultater.

Der er et betydeligt globalt marked for disse teknologier. Potentialet for 2. generations bio-ethanol-anlæg opgøres til mere end 1000 fuldskala-anlæg frem til bare 2020, mens antallet af fuldskala-REnescience-anlæg opgøres til knapt 6000 fuldskala-anlæg også frem til 2020.

Det danske samfund har med de beskrevne teknologier en usædvanlig mulighed for at skabe en ny bio-vækst-industri. En industri der vil kunne bidrage til vækst og jobs i Danmark, og som vil kunne eksporteres til store dele af verden. Men med så stort et potentiale på verdensplan er det sandsynligt, at der vil komme en betydelig international konkurrence i dette marked. Derfor er det vigtigt for eksporten, at de første fuldskala-anlæg hurtigt etableres i Danmark, så vi kan blive ved med at være i front med disse teknologier.

### Plant concept 2: REnescience as a front-end to a new CHP concept with high electrical efficiency



CFB: Cirkulerende Fluid Bed. CHP: Combined Heat and Power, kraftvarmeværk. Kilde: DONG Energy

## DEN FØRSTE KÆDEREAKTION

Povl Lebech Ølgaard

*Den 2. december i år er det 70 år siden, et forskerhold skabte verdens første kontrollerede kædereaktion under primitive forhold i Chicago. Det ændrede historiens gang.*

**D**en første menneskeskabte kædereaktion i en reaktor fandt sted d. 2. december 1942, dvs. for 70 år siden, i Stagg Field bygningen ved University of Chicago. Reaktoren blev betegnet CP-1, Chicago Pile 1, og var opbygget af urancylindre og grafitklodser. Det var oprindeligt meningen at bygge den i Argonne-skoven uden for Chicago, men bygningen til formålet blev ikke færdig til tiden, og derfor blev reaktoren bygget inde i Chicago. Det var en hastesag, en krig var i gang, og alt foregik i dybeste hemmelighed.

Opbygningen af reaktoren og igangsætningen af kædereaktionen blev ledet af den italienske fysiker Enrico Fermi. Han rejste i 1938 til Stockholm for at modtage Nobelprisen i fysik. Derfra tog han direkte til USA, bort fra det fascistiske styre i Italien. Fermi havde forud for opbygningen af den kugleformede reaktor beregnet, hvor stor kuglen skulle være, og den blev opbygget lag for lag. Hovedkomponenterne var ca. 380 ton grafit af en speciel renhed, 40 ton uranoxid samt godt 6 ton naturligt uran. Uranbrændslet havde form af klumper af uranmetal eller uranilte, som var anbragt rundt om i grafitten. Man havde forinden afprøvet beregningernes rigtighed ved at lave en række forsøg med mindre opstillinger, som var for små, til at en kædereaktion kunne starte.

### SCRAM

Reaktoren var forsynet med kontrolstave af cadmium og en sikkerhedsstav, der hang i et tov. Her stod der en mand med en økse for at hugge tovet over, hvis der blev behov for det. Dette primitive arrangement var ophav til navnet "SCRAM", som stadig bruges om en pludselig og uventet nedlukning af en reaktor: "Safety Cut Rope Axe Man". Som en ekstra sikkerhed stod tre mand, der blev kaldt "selvmordsholdet", parate med spande med en cadmiumopløsning, som de skulle kaste ud over reaktoren, hvis noget gik galt. Reaktoren var ikke omgivet af strålsafs-skærmning eller forsynet med et kølesystem, idet den kun skulle producere et minimum af stråling og energi. Det var en "nul-energi" reaktor.

En kædereaktion startes og vedligeholdes af neutroner. Derfor var reaktoren forsynet med en neutronkilde samt udstyr til detektering af neutronintensiteten. Det var ved måling af denne, at man kunne følge forsøgets gang. Da man var færdig med at lægge det 57. lag grafit, var man ud fra måling af neutronintensiteten klar over, at såfremt man fjernede kontrolstavene, ville kædereaktionen kunne gå i gang. Det udtrykkes i reaktorslang ved, at reaktoren bliver "kritisk". Derfor lagde man ikke yderligere grafit på.

Ved det første kritikalitetsforsøg blev alle kontrolstave på nær en enkelt fjernet og neutronintensiteten målt. Herefter blev den sidste kontrolstav bevæget lidt ud af reaktoren og neutronintensiteten målt igen. Denne procedure blev fortsat, og hver gang steg neutrondetektorernes tælleantal, for så gradvis at nå en konstant værdi. Men med den sidste udtrækning af kontrolstaven blev neutronintensiteten ved med at stige, dvs. reaktoren var kritisk. Herefter blev kontrolstaven ført ind, og reaktoren dermed lukket ned.

### Sikkert i havn

Kritikalitetsforsøget blev overværet af en række personer involveret i det amerikanske kerneenergiarbejde, bl.a. fysikeren Arthur Compton. Efter det vellykkede forsøg, verdens første menneskeskabte kædereaktion, ringede han til James Conant, lederen af militærforskningen i USA, og sagde: "Den italienske søfarer er netop ankommet til den nye verden!". Conant svarede: "Virkelig! Var de indfødte venlige?", hvortil Conants svar var: "Alle ankom sikkert og var lykkelige".



Enrico Fermi yderst til venstre i foreste række sammen med en del af holdet bag verdens første kædereaktion. Kilde: [www.atomicarchive.com](http://www.atomicarchive.com)

Dette vellykkede forsøg var en kæmpe videnskabelig landvinding. I de 70 år der er gået siden, er kædereaktionen blevet udnyttet både positivt og negativt, og derfor har den også været omgærdet af stærke følelser. Det er helt sikkert en positiv udvikling, at der i dag er lang færre nukleare sprænghoveder i verden end tidligere. Men man kan spørge, hvad Fermi og hans team ville have tænkt om det, at mange nu ikke ønsker at anvende den positivt anvendelige energi, som kædereaktionen kan skabe, idet flere lande bremser eller helt vil afvikle deres kernekraftværker.



SE MERE OM JUBILÆET HER:

<http://www.ne.anl.gov/cp1-anniversary/>

Verdens første reaktor Chicago Pile I (CP-I). Kilde: [www.theenergylibrary.com](http://www.theenergylibrary.com)



## PRISEN FOR VINDKRAFT

Holger Skjerning og Bertel Lohmann Andersen

*I 2020 skal 50% af vores el komme fra vindmøller. Denne målsætning er dog ikke uden konsekvenser. REOs beregninger viser, at Danmarks samlede elforbrug koster 13,3 mia. kr. mere om året som et direkte resultat af vindmøllernes indflydelse på el-prisen. Der er dog også andre omkostninger.*

**M**ed Energiaftalen fra 22. marts 2012 besluttede alle partier med undtagelse af Liberal Alliance, at Danmark i 2020 skal have 50% af sit elforbrug fra vindmøller. Dette mål skal nås, ved at opføre to havvindmølleparker, flere kystnære havmøller, og ved at kommunerne pålægges at planlægge og placere nye landmøller. Der skal også skrotes en del mindre effektive landmøller, så nettotilgangen af ny produktionskapacitet baseret på vindkraft bliver ca. 2.000 MW, som skal lægges til den eksisterende effekt på 4.400 MW. Dermed vil vindkraftens samlede produktionskapacitet blive ca. 6.400 MW i 2020. Det skulle efter planen bringe vindens andel af elforbruget op på de 50%.

Produktionskapaciteten på 6.400 MW skal ses i forhold til, at det maksimale elforbrug i 2011 var ca. 5.700 MW (den 16. januar), og det minimale var ca. 2.500 MW (den 21. juni). Derfor vil møllerne i kraftig blæst levere meget større effekt, end vi selv kan udnytte. Dette overskud skal sælges på den nordiske elbørs til stærkt svingende priser.

### Hvad med økonomien?

At udregne prisen for vindmøllestrøm er kompliceret, da forskellige typer vindmøller får forskellige tilskud oven i markedsprisen. Tilskuddet bliver givet ved at Energinet.dk køber elproduktionen til en garanteret pris og derefter sælger den på elbørsen. Under-skuddet indgår herefter i de såkaldte PSO-omkostninger, som er de bidrag, vi alle betaler for vedvarende energi via vores elregning.

PSO-støtten opkræves via forbrugernes elregninger, men hvor meget påvirker det el-prisen? Det er ikke muligt at finde en officiel beregning af vindmøllernes indflydelse på el-prisen. Her kommer en grov vurdering. Den viser, at hvis man kun kigger på forskellen mellem prisen på strømmen fra traditionelle kraftværker og prisen på el fra vindmøller udgør stigningen allerede nu 7,5 øre/kWh. Da den danske el-produktion er ca. 38 TWh/år (= 38 mia. kWh/år), svarer det til en merpris på ca. 2,85 mia. kr. om året.

Men vindmøllerne skal i 2020 dække ca. 50% af forbruget til priser, der er langt højere på grund af større tilskud. Her vil der være en stigning på 35 øre/kWh.

Den forventede merudgift pga. vindmøllerne vil derfor være ca. 13 mia. kr. om året, forudsat, at elforbruget i 2020 er omtrent som nu.

I beregningen er ikke medregnet omkostninger til den nødvendige backup til vindmøllerne, til udvidelse af elnettet, og til omkostningerne ved at etablere et smart grid.

Nogle vil have den opfattelse, at prisen på traditionel strøm, altså fra kraftværker fyret med fossile brændsler, vil vokse så stærkt i de kommende årtier, at den bliver dyrere end strøm fra vindkraft. I så fald vil vindkraften spare penge for samfundet. I øjeblikket er tendensen den modsatte, idet skifergas i Nordamerika er på vej til at udkonkurrere andre energikilder incl. kul og uran.

I stedet for back-up til møllerne, kunne Danmark vælge at importere strøm fra norsk vandkraft og svensk kernekraft. Det har hidtil ikke indgået eksplicit i planerne, og i en ny rapport fra september 2012 gør Dansk Energi opmærksom på, at man ikke kan forvente, at vore nabolande i alle tilfælde er klar til at levere strøm. Derfor mener Dansk Energi, at vi (når det ikke blæser) risikerer et underskud af strøm i 2020.

De højere elpriser giver to problemer: De øger udgiften for de danske forbrugere, men det værste er, at industriens omkostnin-

ger øges, så Danmarks konkurrenceevne svækkes. Men højere elpriser er ikke den eneste konsekvens.

### Kan forsyningssikkerheden opretholdes?

Der er en anden pris, som først nu er ved at komme frem, nemlig: kan forsyningssikkerheden opretholdes? På ing.dk kan man 12.10.2012 læse følgende:

*"Grundlæggende er vi jo ved at lægge om til et helt nyt VE-baseret elsystem i Danmark, så derfor kan vi ikke kun gøre, som vi plejer. Vi skal have forbruget til at rette ind efter produktionen (smart grid), og derfor er muligheden for at gøre både små og store el kunder i industrien afbrydelige én af de ting, vi vil kigge nærmere på." forklarer direktør for eldivisionen i Energinet.dk, Torben Glar Nielsen.*

Hvis en kunde er 'afbrydelig', så betyder det, at den pågældende kan få afbrudt strømmen, hvis det kniber for Energinet.dk at klare efterspørgslen. Gad vide, hvilke virksomheder, der vil føle sig tiltalt af en sådan status?

## HVAD ER PSO?

PSO opkræves som en tarif på forbrugernes elregning.

PSO står for Public Service Obligations, dvs. offentlige serviceforpligtigelser.

Det omfatter de omkostninger, som Energinet.dk afholder på samfundets vegne efter de formål, som er specificeret i elloven:

- Tilskud til vedvarende energi (VE), dvs. vindmøller og andre VE-anlæg
- Tilskud til decentral kraftvarmeproduktion
- Forskning og udvikling i miljøvenlig energiproduktion og i effektiv anvendelse af el
- Betaling til Sikkerhedsstyrelsens omkostninger
- Øvrige omkostninger

Tilskud til vedvarende energi udgør langt den største del af PSO-tariffen.

Kilde: Energinet.dk

## LÆS HELE DANSK ENERGIS RAPPORT HER:

<http://goo.gl/3IXat>

## FIND DE FULDE BEREKNINGER PÅ REO.DK

## TYSKLAND OVERVEJER MORATORIUM FOR VEDVARENDE ENERGI

Jens Colding

*For mange anlæg, for lidt net, for dyr strøm – det er situationen for det tyske elmarked, som styrer frem mod store problemer. Derfor vil førende regeringspolitikere nedsætte tempoet for udbygningen af vedvarende energi (VE).*

**A**ngela Merkels stort anlagte energiomstilling går ikke helt stille af. Takket være en storslået offentlig støtte er der installeret så mange solcelleanlæg, at der nu midt på dagen er overproduktion af strøm visse steder. Nogle politikere vil nu gribe til anlægsstop for at undgå yderligere spild af ressourcer.

Rainer Brüderle, formand for FDP i det tyske forbundsparlament, er indstillet på at bremse udbygningen af vedvarende energi. Ifølge oplysninger fra Spiegel Online overvejer han et byggestop for vindmøller og solenergianlæg. Derudover skal den slags anlæg pålægges en særlig afgift, til udbygningen af elnettet. Et stop kan kun omfatte fremtidige anlæg, så derfor skal ejerne af eksisterende vindmøller og solenergianlæg pålægges denne afgift. Dermed kommer de også til at betale en del af udgifterne for udbygningen af det dyre netværk, som er nødvendigt til transporten af deres strøm.

Efter de nuværende regler har de ubegrænset ret til at sende strøm ind i nettet. Det medfører, at kraftværkerne må skru ned for produktionen, hvilket forringer deres økonomi. De nye afgifter vil give ejerne af VE-anlæg et incitament til at virke på almindelige markedsvilkår, idet det kun vil være attraktivt for dem at sælge strøm, når prisen er høj. Planen som helhed sigter mod opbygningen af en national fond til energiomstilling. Fonden skal sikre, at strømforbrugerne ikke bliver ekstra belastet, og derfor er konceptet politisk attraktivt.

### Statsstøtte skaber overkapacitet

Den hurtige udbygning af vedvarende energi er nu kommet i et kritisk søgelys. Årsagen skal findes i de voldsomt stigende priser på strøm. Først og fremmest er udbygningen af elnettet dyr, og ifølge meningsmålinger er et flertal af tyskerne imod, at der opstilles nye elmaster. Men de er nødvendige for at transportere strømmen - ikke mindst, når den skal bringes fra havvindmøllerne i Nordsøen ud i hele Tyskland.

Store statstilskud har gjort det meget attraktivt at bygge nye vindmølle- og solanlæg. Ejerne er garanteret en fast pris over et tidsrum på mange år – en pris der ligger langt over den faktiske markedspris. Forskellen betaler forbrugerne over deres elregning.

En analyse af, hvordan de politiske mål vil ændre tysk elforsyning frem til 2050, er gennemført af Det tyske Energiagentur, DENA, i august 2012. Ifølge rapporten betyder omstillingen til vedvarende energi, at Tyskland vil importere mere og mere elektricitet i årene frem mod 2050, hvor andelen af importeret el vil være ca. 20%. Europas industrielle lokomotiv og største økonomi vil dermed ikke længere være selvforsynende med elektrisk energi.

Men det er ikke kun Tyskland, der står over for disse udfordringer med overproduktion, for lille net, for dyr strøm og stigende afhængighed af elimport. Denne situation er helt parallel til den danske. Dansk Energi har i en rapport fra september 2012 peget på de samme problemer for Danmarks vedkommende (se artiklen om dansk vindkraft her i bladet).

LÆS DENAS  
RAPPORT HER:

<http://goo.gl/a2W8f>

REN ENERGI udgives af REO 4 gange årligt.

#### ANSVARSHAVENDE REDAKTØR

Bertel Lohmann Andersen

#### REDAKTION

Bertel Lohmann Andersen  
Katrine Maria Krzeminski

#### SKRIBENTER

Bertel Lohmann Andersen; Jens Colding  
Uffe Steiner Jensen; Holger Skjerning  
Povl Lebech Ølgaard

#### KORREKTUR

Erik Both

#### TRYK

TryksagsAgenten

ISSN 0108-9439

#### REO

Kulsvierparken 71  
2800 Lyngby  
T: 21 25 54 20  
E: [info@reo.dk](mailto:info@reo.dk)

REO arbejder for en nuanceret energidebat, hvor kernekraft vurderes på lige fod med andre energikilder ud fra samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn.

#### BLIV MEDLEM

Medlemskab koster 300 kr. om året for enkeltpersoner, 400 kr. for ægtepar og 50 kr. for unge under uddannelse. Beløbet indbetales på Danske Bank: 9570 3000753. Medlemmer modtager gratis bladet REN ENERGI.

#### STØT REO

Ønsker du at støtte REO, kan bidrag indbetales på Danske Bank: 9570 3000753.

#### ABONNER PÅ REN ENERGI

Et abonnement koster 95 kr. om året. Skriv til [info@reo.dk](mailto:info@reo.dk)

#### HVIS DU VIL VIDE MERE

Find flere informationer om REO, læs artikler og analyser og følg med i energidebatten på [www.reo.dk](http://www.reo.dk)